



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **62093668 A**(43) Date of publication of application: **30.04.87**

(51) Int. Cl.

**G01P 9/04**  
**G01P 15/125**
(21) Application number: **60233405**(22) Date of filing: **21.10.85**(71) Applicant: **HITACHI LTD**
(72) Inventor:  
**KAWAMURA YOSHIO**  
**SATO KAZUO**  
**TERASAWA TSUNEO**  
**TANAKA SHINJI**
(54) **ANGULAR SPEED/ACCELERATION DETECTOR**

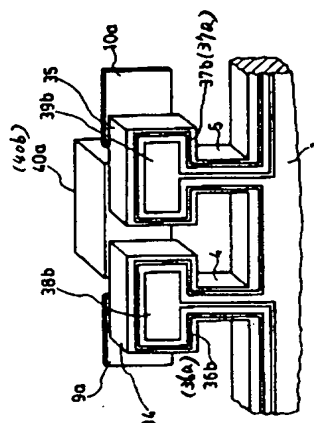
manufacturing becomes easy.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&amp;Japio

**PURPOSE:** To simplify a structure and to facilitate processing and assembling, by equalizing the flexural rigidity of the vibration piece of a tuning fork type vibrator in a main vibration direction and that in a detecting direction.

**CONSTITUTION:** An alternating current is made to flow to coils 36a, 36b, 37a, 37b to vibrate vibration pieces 4, 5 and flat plate parts 34, 35 in an X-direction. If the arrangement of magnetic field generating parts 40a, 40b is changed so that line of magnetic induction obliquely traverses the coils 36a, 36b, 37a, 37b, the detection of excitation at least in one direction of both x- and y-directions or the vibration of the flat plate parts at least in one direction of both x- and y-directions can be performed. The cross-sectional shape of each of the vibration pieces 4, 5 is formed in an arbitrary shape almost equalizing flexural rigidity in x- and y-directions in addition to a square shape. Because each of the vibration pieces 4, 5 and the flat plate parts 34, 35 can be manufactured from one silicon monocrystal substrate by two-dimensional cutting processing,



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

昭62-93668

⑫ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)4月30日

G 01 P 9/04  
15/125

8203-2F  
8203-2F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 角速度・加速度検出器

⑮ 特 願 昭60-233405

⑯ 出 願 昭60(1985)10月21日

⑰ 発 明 者 河 村 喜 雄 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内  
⑱ 発 明 者 佐 藤 一 雄 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内  
⑲ 発 明 者 寺 澤 恒 男 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内  
⑳ 発 明 者 田 中 伸 司 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内  
㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
㉒ 代 理 人 弁理士 中村 純之助

## 明 細 書

### 1. 発明の名称

角速度・加速度検出器

### 2. 特許請求の範囲

(1) 音叉型振動子を主振動方向に振動させて、その音叉型振動子の上記主振動方向と直角な検出方向の歪位を検出することにより、角速度、加速度の少なくとも一方を検出する角速度・加速度検出器において、上記音叉型振動子の振動片の上記主振動方向の曲げ剛性と上記検出方向の曲げ剛性とをほぼ等しくし、上記音叉型振動子を真空容器内に収納したことを特徴とする角速度・加速度検出器。

(2) 上記振動片の上部にその主振動面と平行な平板部を設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の角速度・加速度検出器。

### 3. 発明の詳細な説明

(発明の利用分野)

この発明は、角速度、加速度の少なくとも一方

を検出する角速度・加速度検出器に関するものである。

(発明の背景)

移動物体の位置、方位、姿勢、速度等の情報を得るために必要な角速度、加速度を検出する角速度・加速度検出器としてはジャイロがある。このジャイロの中で振動型のものがコストや信頼性の点で注目されてきており、振動型のジャイロの一つとして音叉型振動子を用いたものがある。

第11図は従来の音叉型振動子を用いた角速度・加速度検出器(特開昭60-47913号)の一部を示す斜視図である。図において、61は基部、62、63は基部61に固定された振動片、64、65は振動片62、63の上部に取付けられた固定材、66、67は下部が固定材64、65に取付けられた振動片で、振動片62、63は主振動方向すなわちx方向に振動可能であり、また振動片66、67は主振動方向と直角な検出方向すなわちy方向に振動可能であり、さらに振動片62、63の共振周波数と振動片66、67の共振周波数とは等しい。

この角速度・加速度検出器においては、振動片62、63を共振振動数 $\omega$ でx方向に互いに逆向きに振動させておいた状態で、xy平面に直角なz軸回りに角速度 $\Omega$ が生ずると、振動片66、67に角速度 $\Omega$ に比例したコリオリ力Fがy方向に作用する。この場合、x方向の振動の振幅をa、時間をtとすると、振動片66、67の位置xは次式で表わされる。

$$x = a \sin \omega t \quad (1)$$

したがって、振動片66、67の基部61に対するx方向の相対速度 $\dot{x}$ は次式で表わされる。

$$\dot{x} = a \omega \cos \omega t \quad (2)$$

このため、振動片66、67の質量をmとすると、コリオリ力Fは次式で表わされる。

$$F = 2 m \Omega \dot{x} = \Omega \cdot 2 m a \omega \cos \omega t \quad (3)$$

この(3)式から明らかなように、コリオリ力Fが作用した場合には、振動片66、67がy方向に振動し、その振幅は角速度 $\Omega$ に比例するから、振動片66、67の振幅を検知することにより、角速度 $\Omega$ を求めることができる。また、y方向の加速度 $\ddot{y}$ が

生じたときには、振動片66、67が加速度 $\ddot{y}$ に比例して変形するから、振動片66、67の変形量を検出することにより、加速度 $\ddot{y}$ を検出することができる。

しかしながら、このような角速度・加速度検出器においては、振動片62、63と振動片66、67とを固定材64、65を介して取付けているから、構造が複雑となり、加工組立てが面倒であるとともに、組立ての際に誤差が生じやすいので、検出精度が低く、また小形にすることが困難である。

#### 〔発明の目的〕

この発明は上述の問題点を解決するためになされたもので、構造が簡単で、加工組立てが容易であり、さらに検出精度が高くかつ小形化を図ることが可能な角速度・加速度検出器を提供することを目的とする。

#### 〔発明の概要〕

この目的を達成するため、この発明においては、音叉型振動子を主振動方向に振動させて、その音叉型振動子の上記主振動方向と直角な検出方向の

変位を検出することにより、角速度、加速度の少なくとも一方を検出する角速度・加速度検出器において、上記音叉型振動子の振動片の上記主振動方向の曲げ剛性と上記検出方向の曲げ剛性とをほぼ等しくし、上記音叉型振動子を真空容器内に収納する。

#### 〔発明の実施例〕

第1図はこの発明に係る角速度・加速度検出器の一部を示す分解斜視図、第2図は第1図に示した角速度・加速度検出器の検出回路のブロック図である。図において、1は基部、2、3は電極基板で、電極基板2、3は基部1に接合されている。4、5は基部1に設けられた振動片で、振動片4、5のx方向の曲げ剛性とy方向の曲げ剛性とをほぼ等しく、振動片4、5の寸法は $0.16 \times 0.16 \times 2$  mmである。6、7は振動片4、5の上部に設けられた平板部で、平板部6、7は振動片4、5の主振動面と平行であり、平板部6、7の寸法は $2 \times 2 \times 0.16$  mmであり、振動片4、5、平板部6、7はシリコン単結晶からなる。8a、8bはそれぞ

れ電極基板2、3に設けられた駆動電極、9a、10a、9b、10bはそれぞれ電極基板2、3に設けられた検出電極である。そして、振動片4、5、平板部6、7等は真空容器(図示せず)内に収納されており、真空容器内の圧力は $10^{-7}$  Torrである。11は平板部6、7に一定電圧を印加する電源、12~15は平板部6、7の変位による検出電極9a、9b、10a、10bの静電容量の時間的変化分を電圧 $V_1 \sim V_4$ に変換する電圧変換回路で、電圧 $V_1 \sim V_4$ は平板部6、7と検出電極9a、9b、10a、10bとの距離に応じた値となる。16はトリガ回路、17は $V_1 + V_2 + V_3 + V_4$ を演算する演算回路、18は演算回路17の出力が最大となるようにトリガ回路16の出力の振動数を調整する振動数調整回路、19は増幅回路で、増幅回路19から出力される励振電圧Eが駆動電極8a、8bに印加される。20は $((V_1 - V_2) - (V_3 - V_4)) / (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$ を演算する演算回路、21は増幅回路、22は表示変換回路、23は表示器、24は $((V_1 - V_2) + (V_3 - V_4)) / (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$ を演算する

演算器、25は増幅回路、26は表示変換回路、27は表示器である。

この角速度・加速度検出器においては、駆動電極8a、8bに励振電圧Eが印加されるので、振動片4、平板部6と振動片5、平板部7とが互いに逆向きに共振振動数 $\omega$ でx方向に振動する。この状態で、第3図に示すように、角速度 $\Omega$ が生ずると、振動片4、5、平板部6、7にコリオリ力Fが作用し、平板部6、7がコリオリ力Fに比例した振幅でy方向に互いに逆向きに共振振動数 $\omega$ で振動し、図示の状態では電圧 $V_x$ 、 $V_y$ が増加し、電圧 $V_x$ 、 $V_y$ が減少する。したがって、電圧 $((V_x - V_y) - (V_x - V_y))$ は角速度 $\Omega$ に比例した値となる。このため、表示器23に角速度 $\Omega$ の値が表示される。また、第4図に示すように、y方向の加速度 $\ddot{y}$ が生じた場合には、平板部6、7のx方向の動きに無関係に、平板部6、7がy方向に図示のように変位するから、電圧 $V_x$ 、 $V_y$ が増加し、電圧 $V_x$ 、 $V_y$ が減少するので、電圧 $((V_x - V_y) + (V_x - V_y))$ は加速度 $\ddot{y}$ に比例した値とな

ことが可能である。

第5図はこの発明に係る他の角速度・加速度検出器の一部を示す図である。図において、28、29は振動片4、5の上部に設けられた平板部で、平板部28の紙面左端は検出電極9a、9bの中央部に位置しており、また平板部29の紙面右端は検出電極10a、10bの中央部に位置している。30は $((V_x + V_y) - (V_x + V_y)) / (V_x + V_y + V_x + V_y)$ の演算をする演算回路、31は増幅回路、32は表示変換回路、33は表示器である。そして、その他の構成は第1図、第2図に示した角速度・加速度検出器と同様である。

この角速度・加速度検出器においては、第6図に示すように、x方向の加速度 $\ddot{x}$ が生ずると、平板部28、29のx方向の振動中心が図示のようにx方向に変位するため、電圧 $V_x$ 、 $V_y$ が減少し、電圧 $V_x$ 、 $V_y$ が増加するから、電圧 $((V_x + V_y) - (V_x + V_y))$ は加速度 $\ddot{x}$ に比例した値となる。したがって、表示器33には加速度 $\ddot{x}$ が表示される。このように、第5図に示した角速度・加速度検出

器。したがって、表示器27に加速度 $\ddot{y}$ が表示される。

そして、振動片4、5、平板部6、7を一枚のシリコン単結晶基板から二次元的な切り出し加工方法で製造可能であるから、従来のような三次元的な加工組立てが不要であり、また駆動電極8a、8b、検出電極9a、10a、9b、10bの配置を平面的に行なうことができるので、立体的な配置を必要とした従来と較べて製作が極めて容易である。さらに、振動片4、5、平板部6、7を真空雰囲気内で振動させるから、空気抵抗損失が低減するため、小さな駆動力で振動させることが可能となり、上述の製作上の長所と相まって検出精度を低下させずに、しかも小形化することが可能である。また、広い面積の平板部6、7を有するから、静電容量検出の分解能を高めることができる。さらに、演算回路20、24において電圧 $(V_x + V_y + V_x + V_y)$ で割る演算処理を行なっているから、平板部6、7のx方向の振幅、振動数等が変化したとしても、正確に角速度 $\Omega$ 、加速度 $\ddot{y}$ を求める

器は角速度 $\Omega$ 、y方向の加速度 $\ddot{y}$ およびx方向の加速度 $\ddot{x}$ を表示することが可能である。

第7図はこの発明に係る他の角速度・加速度検出器の一部を示す概略斜視図、第8図は同じく平面断面図である。図において、34、35は振動片4、5の上部に設けられた平板部、36a、36b、37a、37bは平板部34、35の表面に形成されたコイル、38a、38b、39a、39bは平板部34、35に設けられた電極で、電極38a、38b、39a、39bには一定電圧が印加されている。40a、40bは電極基板2、3に設けられた磁界発生部である。そして、その他の構成は第1図、第2図に示した角速度・加速度検出器とほぼ同様である。

この角速度・加速度検出器においては、コイル36a、36b、37a、37bに交番電流を流すことにより、振動片4、5、平板部34、35をx方向に振動させることができる。また、磁界発生部40a、40bの配置を変えて、磁束線がコイル36a、36b、37a、37bを斜めに(たとえば45°に)横切るようにすれば、x、y両方向の少なくとも一つの方

の励振や平板部の $x$ 、 $y$ 両方向の少なくとも一つの方向の振動検出に用いることができる。

第9図はこの発明に係る他の角速度・加速度検出器の一部を示す平面図、第10図は同じく正面図である。図において、41は基部、42、43は基部41に設けられた振動片、44、45は振動片42、43の上部に設けられた平板部、46、47は基部41に設けられた駆動電極で、駆動電極46、47は平板部44、45の側面に対向する位置に設けられている。48～51は振動片42、43に設けられた検出用電極材、52、53は基部41に設けられた検出用電極で、検出用電極52、53は平板部44、45の裏面に対向する位置に設けられている。54、55は振動片42、43に設けられた制振用電極材である。そして、その他の構成は第1図、第2図に示した角速度・加速度検出器とほぼ同様である。

この角速度・加速度検出器においては、駆動電極46、47に励振電圧 $E$ を印加すると、振動片42、43が $x$ 方向に振動し、この $x$ 方向の振動を検出用電極材48～51で検出する。また、振動片42、43が

$y$ 方向に変位しようとしたとき、検出用電極52、53でこれを検知し、検出用電極52、53の出力に基づいて、振動片42、43が変位しないように制振用電極材54、55に電圧を印加し、制振用電極材54、55に印加された電圧を検知することにより、振動片42、43、平板部44、45に $y$ 方向に作用する力を求めることができるから、角速度 $\Omega$ 、加速度 $\ddot{x}$ 、 $\ddot{y}$ を求めることができる。このように、振動片42、43、平板部44、45を $y$ 方向に変位させずに角速度 $\Omega$ 、加速度 $\ddot{x}$ 、 $\ddot{y}$ を求めることができるので、平板部44、45と検出用電極52、53との距離を非常に小さくすることができるから、小形にすることが可能であり、しかも角速度 $\Omega$ 、加速度 $\ddot{x}$ 、 $\ddot{y}$ の検出範囲を非常に大きくすることができる。

なお、上述実施例においては、振動片4、5、42、43の上部に平板部6、7、28、29、34、35、44、45を設けたが、平板部を設けなくともよい。また、上述実施例においては、振動片4、5、42、43の断面形状を正方形としたが、振動片の断面形状は $x$ 方向、 $y$ 方向の曲げ剛性がほぼ等しくなる

任意の形状とすることも可能である。さらに、振動片4、5、42、43を $x$ 方向に振動させる振動手段は実施例のものに限定されず、また平板部6、7、28、29、34、35、44、45の変位量の検出手段も実施例のものに限定されず、半導体レーザ光を用いて、円柱レンズ等の光学系による変位検出を行なう、光ディスクに用いるピックアップの原理等を応用することなども容易である。また、上述実施例に示された振動手段、検出手段を任意に組合せることが可能である。さらに、上述実施例においては、平板部6、7の変位量を電圧 $V_1 \sim V_2$ に変換したが、整流回路、フィルタ回路等を用いて平板部6、7の振幅等に応じた電圧を出力させてもよい。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、この発明に係る角速度・加速度検出器においては、構造が簡単であり、また加工組立てが容易であるとともに、精度を損わずに小形化することが可能である。このように、この発明の効果は顕著である。

#### 4. 図面の簡単な説明

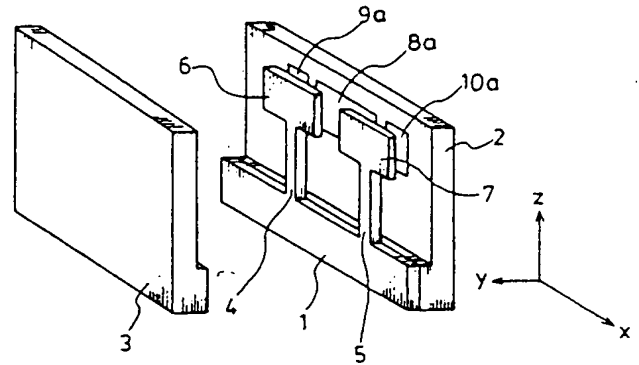
第1図はこの発明に係る角速度・加速度検出器の一部を示す分解斜視図、第2図は第1図に示した角速度・加速度検出器の検出回路のブロック図、第3図、第4図は第1図、第2図に示した角速度・加速度検出器の動作説明図、第5図はこの発明に係る他の角速度・加速度検出器の一部を示す図、第6図は第5図に示した角速度・加速度検出器の動作説明図、第7図はこの発明に係る他の角速度・加速度検出器の一部を示す概略斜視図、第8図は同じく平断面図、第9図はこの発明に係る他の角速度・加速度検出器の一部を示す平面図、第10図は同じく正面図、第11図は従来の角速度・加速度検出器の一部を示す斜視図である。

4、5…振動片                      6、7…平板部  
8a、8b…駆動電極  
9a、9b、10a、10b…検出電極  
28、29…平板部                      34、35…平板部  
36a、36b、37a、37b…コイル  
38a、38b、39a、39b…電極

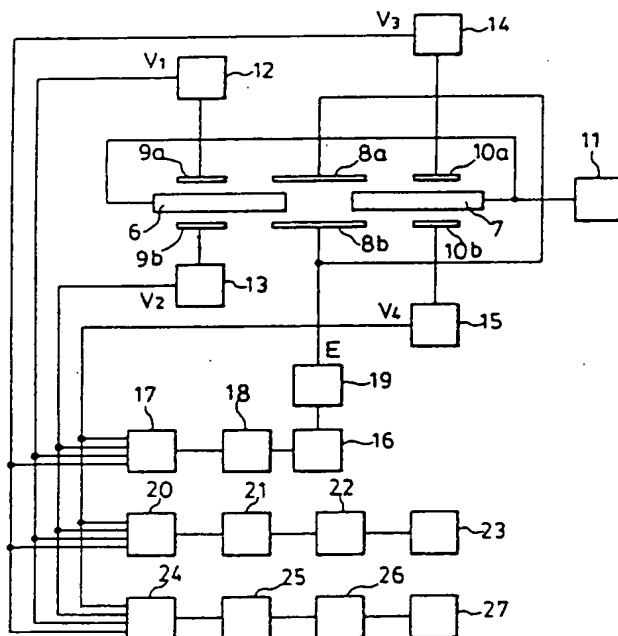
40a、40b…磁界発生部  
 41…基部 42、43…振動片  
 44、45…平板部 46、47…駆動電極  
 48～51…検出用電歪材 52、53…検出用電極  
 54、55…制御用電歪材

代理人井理士 中村純之助

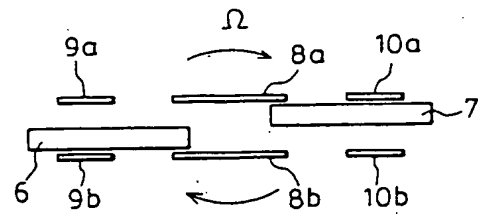
第 1 図



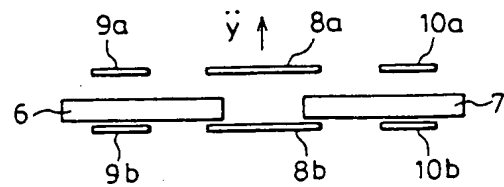
第 2 図



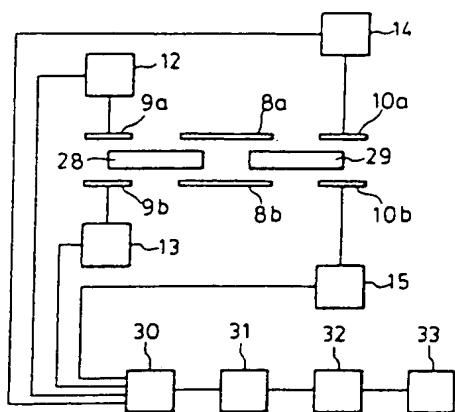
第 3 図



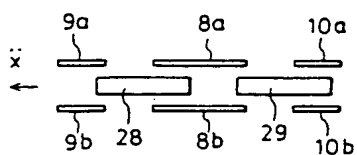
第 4 図



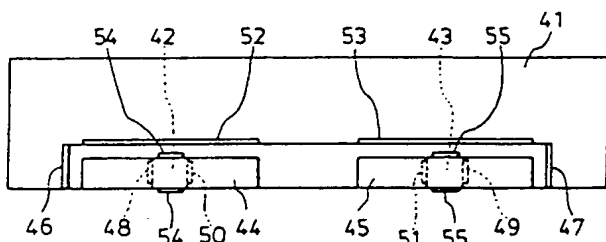
第 5 図



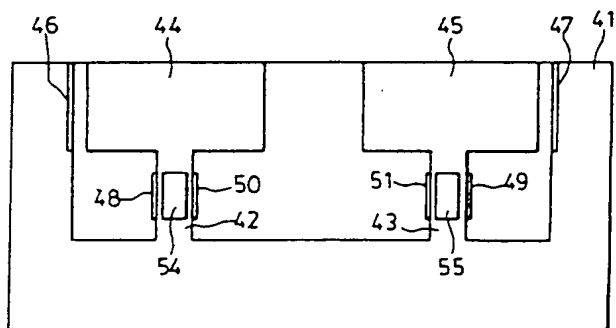
第 6 図



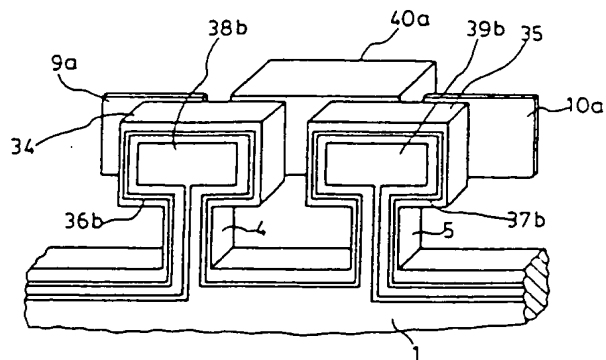
第 9 図



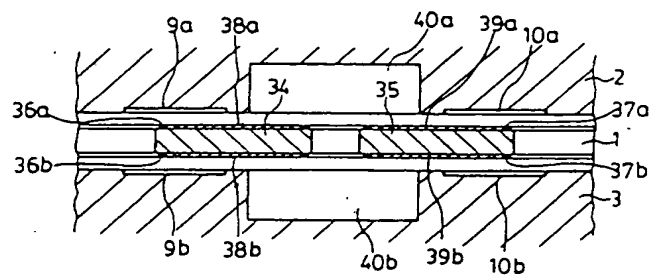
第 10 図



第 7 図



第 8 図



第 11 図

